

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

JC986 U.S. PTO  
09/897571  
07/02/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2000年 7月19日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2000-219599

出 願 人  
Applicant(s):

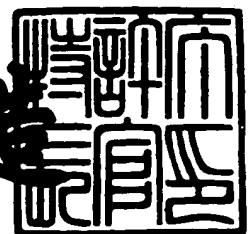
ソニー株式会社

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2001年 5月11日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3037686

【書類名】 特許願

【整理番号】 0000591004

【提出日】 平成12年 7月19日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02F 01/01

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社  
                                内

    【氏名】 石川 博一

【特許出願人】

    【識別番号】 000002185

    【氏名又は名称】 ソニー株式会社

    【代表者】 出井 伸之

【代理人】

    【識別番号】 100098785

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 藤島 洋一郎

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 019482

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

    【包括委任状番号】 9708092

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光学多層構造体および光スイッチング素子、並びに画像表示装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に、光の吸収のある第 1 の層、光の干渉現象を起こし得る大きさを有すると共にその大きさが可変な間隙部、および第 2 の層を配設した構造を有する

ことを特徴とする光学多層構造体。

【請求項 2】 前記基板上に、前記第 1 の層、前記間隙部および前記第 2 の層がこの順で配設されている

ことを特徴とする請求項 1 記載の光学多層構造体。

【請求項 3】 前記基板の複素屈折率を  $N_S$  ( $= n_S - i \cdot k_S$ ,  $n_S$  は屈折率,  $k_S$  は消衰係数,  $i$  は虚数単位)、前記第 1 の層の複素屈折率を  $N_1$  ( $= n_1 - i \cdot k_1$ ,  $n_1$  は屈折率,  $k_1$  は消衰係数)、前記第 2 の層の屈折率を  $n_2$ 、入射媒質の屈折率を 1.0 としたとき、次式 (1) の関係を満たす

$$\left\{ \left( n_1 - \frac{n_2^2 + 1}{2} \right)^2 + k_1^2 - \left( \frac{n_2^2 - 1}{2} \right)^2 \right\} \left\{ \left( n_S - \frac{n_2^2 + 1}{2} \right)^2 + k_S^2 - \left( \frac{n_2^2 - 1}{2} \right)^2 \right\} < 0$$

... (1)

ことを特徴とする請求項 1 記載の光学多層構造体。

【請求項 4】 前記第 2 の層は、透明材料により形成されたものである  
ことを特徴とする請求項 1 記載の光学多層構造体。

【請求項 5】 前記基板は、光の吸収のある基板若しくは光の吸収のある薄膜を成膜した基板である

ことを特徴とする請求項 1 記載の光学多層構造体。

【請求項 6】 前記基板は、透明材料若しくは半透明材料により形成されたものである

ことを特徴とする請求項 1 記載の光学多層構造体。

【請求項 7】 更に、前記間隙部の光学的な大きさを変化させる駆動手段を

有し、前記駆動手段によって前記間隙部の大きさを変化させることにより、入射した光の反射、透過若しくは吸収の量を変化させる

ことを特徴とする請求項 1 記載の光学多層構造体。

【請求項 8】 前記駆動手段によって、前記間隙部の光学的な大きさを、 $\lambda/4$  の奇数倍と  $\lambda/4$  の偶数倍（0 を含む）との間で、2 値的あるいは連続的に変化させることで、入射光の反射、透過若しくは吸収の量を 2 値的あるいは連続的に変化させる

ことを特徴とする請求項 7 記載の光学多層構造体。

【請求項 9】 前記第 1 の層および第 2 の層のうちの少なくとも一方の層は、互いに光学的特性の異なる 2 以上の層により構成された複合層である

ことを特徴とする請求項 1 記載の光学多層構造体。

【請求項 10】 前記第 2 の層は、窒化珪素膜よりなる  
ことを特徴とする請求項 4 記載の光学多層構造体。

【請求項 11】 前記第 2 の層は、窒化珪素膜および透明導電膜よりなる  
ことを特徴とする請求項 10 記載の光学多層構造体。

【請求項 12】 前記第 1 の層および第 2 の層のうちの少なくとも一方は、一部に透明導電膜を含み、前記駆動手段は、前記透明導電膜への電圧の印加によって発生した静電力により、前記間隙部の光学的な大きさを変化させるものである

ことを特徴とする請求項 7 記載の光学多層構造体。

【請求項 13】 前記透明導電膜は、ITO、 $\text{SnO}_2$  および  $\text{ZnO}$  のうちのいずれかにより形成されている

ことを特徴とする請求項 12 記載の光学多層構造体。

【請求項 14】 前記間隙部は、空気、または透明な気体若しくは液体で満たされている

ことを特徴とする請求項 1 記載の光学多層構造体。

【請求項 15】 前記間隙部は、真空状態である  
ことを特徴とする請求項 1 記載の光学多層構造体。

【請求項 16】 前記光の吸収のある第 1 の層は、金属、酸化金属、窒化金

属、炭化物および半導体のうちのいずれかからなる

ことを特徴とする請求項 1 記載の光学多層構造体。

【請求項 1 7】 前記光の吸収のある基板若しくは光の吸収のある薄膜は、金属、酸化金属、窒化金属、炭化物および半導体のうちのいずれかからなる

ことを特徴とする請求項 5 記載の光学多層構造体。

【請求項 1 8】 前記第 2 の層の光学的な膜厚が、 $\lambda/4$  ( $\lambda$  は入射光の設計波長) 以下である

ことを特徴とする請求項 1 記載の光学多層構造体。

【請求項 1 9】 前記第 1 の層がシリコンにより形成され、かつ、前記第 2 の層の光学的な膜厚が、 $\lambda/2$  ( $\lambda$  は入射光の設計波長) 以下である

ことを特徴とする請求項 1 記載の光学多層構造体。

【請求項 2 0】 前記基板は、カーボン、グラファイト、炭化物若しくは透明材料により形成され、かつ、前記第 2 の層の光学的な膜厚が、 $\lambda/4$  ( $\lambda$  は入射光の設計波長) 以下である

ことを特徴とする請求項 1 記載の光学多層構造体。

【請求項 2 1】 前記基板がカーボン、グラファイト、炭化物若しくは透明材料により形成されると共に、前記第 1 の層がシリコンにより形成され、かつ、前記第 2 の層の光学的な膜厚が、 $\lambda/2$  ( $\lambda$  は入射光の設計波長) 以下である

ことを特徴とする請求項 1 記載の光学多層構造体。

【請求項 2 2】 前記駆動手段は、磁力を用いて前記間隙部の光学的な大きさを変化させるものである

ことを特徴とする請求項 7 記載の光学多層構造体。

【請求項 2 3】 基板と、  
この基板に接して形成された、光の吸収のある第 1 の層と、  
この第 1 の層の前記基板とは反対側の面に接して形成された第 2 の層と  
を備えたことを特徴とする光学多層構造体。

【請求項 2 4】 前記基板は、光を透過しない基板である  
ことを特徴とする請求項 2 3 記載の光学多層構造体。

【請求項 2 5】 基板上に、光の吸収のある第 1 の層、光の干渉現象を起こ

し得る大きさを有すると共にその大きさが可変な間隙部、および第 2 の層を配設した構造を有する光学多層構造体と、

前記間隙部の光学的な大きさを変化させるための駆動手段と

を備えたことを特徴とする光スイッチング素子。

【請求項 2 6】 1 次元または 2 次元に配列された複数の光スイッチング素子に光を照射することで 2 次元画像を表示する画像表示装置であって、

前記光スイッチング素子が、

基板上に、光の吸収のある第 1 の層、光の干渉現象を起こし得る大きさを有すると共にその大きさが可変な間隙部、および第 2 の層を配設した構造を有する光学多層構造体と、

前記間隙部の光学的な大きさを変化させるための駆動手段と

を備えたことを特徴とする画像表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、入射光を反射、透過若しくは吸収させる機能を有する光学多層構造体、およびこれを用いた光スイッチング素子並びに画像表示装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

近年、映像情報の表示デバイスとしてのディスプレイの重要性が高まっており、このディスプレイ用の素子として、更には、光通信、光記憶装置、光プリンタなどの素子として、高速で動作する光スイッチング素子（ライトバルブ）の開発が要望されている。従来、この種の素子としては、液晶を用いたもの、マイクロミラーを用いたもの（DMD；Digital Micro Mirror Device、デジタルマイクロミラーデバイス、テキサスインスツルメンツ社の登録商標）、回折格子を用いたもの（GLV：Grating Light Valve、グレーティングライトバルブ、SLM（シリコンライトマシン）社）等がある。

【0 0 0 3】

GLVは回折格子をMEMS（Micro Electro Mechanical Systems）構造で作

製し、静電力で  $10\text{ ns}$  の高速ライトスイッチング素子を実現している。DMD は同じく MEMS 構造でミラーを動かすことによりスイッチングを行うものである。これらのデバイスを用いてプロジェクタ等のディスプレイを実現できるものの、液晶と DMD は動作速度が遅いために、ライトバルブとしてディスプレイを実現するためには 2 次元配列としなければならず、構造が複雑となる。一方、GLV は高速駆動型であるので、1 次元アレイを走査することでプロジェクションディスプレイを実現することができる。

## 【0004】

しかしながら、GLV は回折格子構造であるので、1 ピクセルに対して 6 つの素子を作り込んだり、2 方向に出た回折光を何らかの光学系で 1 つにまとめる必要があるなどの複雑さがある。

## 【0005】

簡単な構成で実現できるものとしては、米国特許公報 5 5 8 9 9 7 4 号や米国特許公報 5 5 0 0 7 6 1 号に開示されたものがある。このライトバルブは、基板（屈折率  $n_s$ ）の上に間隙部（ギャップ層）を挟んで、屈折率が  $\sqrt{n_s}$  の透光性の薄膜を設けた構造を有している。この素子では、静電力を利用して薄膜を駆動し、基板と薄膜との間の距離、すなわち、間隙部の大きさを変化させることにより、光信号を透過あるいは反射させるものである。ここで、薄膜の屈折率は基板の屈折率  $n_s$  に対して、 $\sqrt{n_s}$  となっており、このような関係を満たすことにより、高コントラストの光変調を行うことができるとされている。

## 【0006】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述のような構成の素子では、基板の屈折率  $n_s$  が「4」などの大きな値でなければ、可視光領域においては実現することはできないという問題がある。すなわち、透光性薄膜としては、構造体であることを考えると、窒化珪素 ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )（屈折率  $n = 2.0$ ）などの材料が望ましいので、その場合には基板の屈折率  $n_s = 4$  となる。可視光領域では、このような透明基板は入手が困難であり、材料の選択肢は狭い。赤外線等の通信用波長では、ゲルマニウム ( $\text{Ge}$ )（ $n = 4$ ）などを用いることにより実現可能であるが、ディスプレイな

どの用途としては、現実的には適用することは難しいと思われる。

【 0 0 0 7 】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その第 1 の目的は、簡単な構成で、小型軽量であると共に、構成材料の選択にも自由度があり、かつ可視光領域においても高速応答が可能であり、画像表示装置等に好適に用いることができる光学多層構造体を提供することにある。

【 0 0 0 8 】

また、本発明の第 2 の目的は、上記光学多層構造体を用いた高速応答が可能な光スイッチング素子および画像表示装置を提供することにある。

【 0 0 0 9 】

【課題を解決するための手段】

本発明による光学多層構造体は、基板上に、光の吸収のある第 1 の層、光の干渉現象を起こし得る大きさを有すると共にその大きさが可変な間隙部、および第 2 の層を配設した構造を有するものであり、特に、第 1 の層、間隙部および第 2 の層をこの順で配設した構成のものが望ましい。

【 0 0 1 0 】

本発明の光学多層構造体では、基板の複素屈折率を  $N_S (= n_S - i \cdot k_S)$ 、 $n_S$  は屈折率、 $k_S$  は消衰係数、 $i$  は虚数単位)、第 1 の層の複素屈折率を  $N_1 (= n_1 - i \cdot k_1)$ 、 $n_1$  は屈折率、 $k_1$  は消衰係数)、第 2 の層の屈折率を  $n_2$ 、入射媒質の屈折率を 1.0 としたとき、次式 (2) の関係を満たすように構成することが好ましい。

【 0 0 1 1 】

$$\left\{ \left( n_1 - \frac{n_2^2 + 1}{2} \right)^2 + k_1^2 - \left( \frac{n_2^2 - 1}{2} \right)^2 \right\} \left\{ \left( n_S - \frac{n_2^2 + 1}{2} \right)^2 + k_S^2 - \left( \frac{n_2^2 - 1}{2} \right)^2 \right\} < 0 \quad \dots (2)$$

【 0 0 1 2 】

本発明による光スイッチング素子は、本発明の光学多層構造体と、この光学多



層構造体における間隙部の光学的な大きさを変化させるための駆動手段とを備えたものである。

【 0 0 1 3 】

本発明による画像表示装置は、本発明による光スイッチング素子を複数個、1次元あるいは2次元に配列したものであり、3原色の光を照射し、スキャナによって走査することで2次元画像を表示するものである。

【 0 0 1 4 】

本発明による光学多層構造体では、間隙部の大きさを、「 $\lambda/4$ 」（ $\lambda$ は入射光の設計波長）の奇数倍と「 $\lambda/4$ 」の偶数倍（0を含む）との間で、2値的あるいは連続的に変化させると、入射光の反射、透過若しくは吸収の量が2値的あるいは連続的に変化する。

【 0 0 1 5 】

本発明の光学多層構造体では、また、間隙部の大きさを0に固定し、基板と、この基板に接して形成された、光の吸収のある第1の層と、この第1の層の前記基板とは反対側の面に接して形成された第2の層とを備えた構成とすることにより、反射防止膜として利用することが可能になる。

【 0 0 1 6 】

本発明による光スイッチング素子では、駆動手段によって、光学多層構造体の間隙部の光学的な大きさが変化することにより、入射光に対してスイッチング動作がなされる。

【 0 0 1 7 】

本発明による画像表示装置では、1次元あるいは2次元に配列された本発明の複数の光スイッチング素子に対して光が照射されることによって2次元画像が表示される。

【 0 0 1 8 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【 0 0 1 9 】

図1および図2は、本発明の一実施の形態に係る光学多層構造体1の基本的な

構成を表すものである。図1は光学多層構造体1における後述の間隙部12が存在し、高反射時の状態、図2は光学多層構造体1の間隙部12がなく、低反射時の状態をそれぞれ示している。なお、この光学多層構造体1は具体的には例えば光スイッチング素子として用いられ、この光スイッチング素子を複数個1次元または2次元に配列することにより、画像表示装置を構成することができる。また、詳細は後述するが、図2のような構造に固定した場合には、反射防止膜として利用することができるものである。

## 【0020】

本実施の形態の光学多層構造体1は、基板10の上に、この基板10に接する、光の吸収のある第1の層11、光の干渉現象を起こし得る大きさを有すると共にその大きさを変化させることのできる間隙部12、および第2の層13をこの順で配設して構成したものである。

## 【0021】

ここで、基板10の複素屈折率を $N_S (= n_S - i \cdot k_S)$ 、 $n_S$ は屈折率、 $k_S$ は消衰係数、 $i$ は虚数単位)、第1の層11の複素屈折率を $N_1 (= n_1 - i \cdot k_1)$ 、 $n_1$ は屈折率、 $k_1$ は消衰係数、 $i$ は虚数単位)、第2の層13の屈折率を $n_2$ 、入射媒質の屈折率を1.0(空気)としたとき、次式(3)の関係を満たすように設定されている。なお、その意義については後述する。

## 【0022】

$$\left\{ \left( n_1 - \frac{n_2^2 + 1}{2} \right)^2 + k_1^2 - \left( \frac{n_2^2 - 1}{2} \right)^2 \right\} \left\{ \left( n_S - \frac{n_2^2 + 1}{2} \right)^2 + k_S^2 - \left( \frac{n_2^2 - 1}{2} \right)^2 \right\} < 0 \quad \dots (3)$$

## 【0023】

基板10は、カーボン(C)、グラファイト(黒鉛)などの非金属、タンタル(Ta)などの金属、酸化クロム(CrO)などの酸化金属、窒化チタン(TiN<sub>x</sub>)などの窒化金属、シリコンカーバイド(SiC)などの炭化物、シリコン(Si)などの半導体等の、不透明で光の吸収のある材料により形成されたもの、あるいは、これら光の吸収のある材料の薄膜を透明基板上に成膜したものと

てもよい。基板10は、また、例えばガラス、プラスチックなどの透明材料若しくは消衰係数 $k$ の値の低い半透明材料により形成されたものとしてもよい。

## 【0024】

第1の層11は、光の吸収のある層であり、例えばTa, Ti, Crなどの金属, CrOなどの酸化金属,  $TiN_x$ などの窒化金属, SiCなどの炭化物, シリコン(Si)などの半導体などにより形成されたものである。

## 【0025】

第2の層13は、透明材料により形成されたものであり、例えば、酸化チタン( $TiO_2$ ) ( $n_2 = 2.4$ ), 窒化珪素( $Si_3N_4$ ) ( $n_2 = 2.0$ ), 酸化亜鉛( $ZnO$ ) ( $n_2 = 2.0$ ), 酸化ニオブ( $Nb_2O_5$ ) ( $n_2 = 2.2$ ), 酸化タンタル( $Ta_2O_5$ ) ( $n_2 = 2.1$ ), 酸化珪素(SiO) ( $n_1 = 2.0$ ), 酸化スズ( $SnO_2$ ) ( $n_2 = 2.0$ ), ITO (Indium-Tin Oxide) ( $n_2 = 2.0$ ) などにより形成されている。

## 【0026】

なお、この第2の層13は、スイッチング動作時においては、後述のように可動部として作用するため、特に、ヤング率が高く、丈夫な $Si_3N_4$ などで形成されたものであることが好ましい。また、静電気により駆動する場合には、第2の層13の一部にITOなどの透明導電膜を含めるようにすればよい。 $Si_3N_4$ とITOの屈折率は同等であるので、それぞれの程度の膜厚にするかは任意である。また、第1の層11と第2の層13とが接触する場合には、接触時に電氣的に短絡しないように、第2の層13の基板側を $Si_3N_4$ 、入射媒質側をITOとすることが望ましい。

## 【0027】

第1の層11の物理的な膜厚 $d_1$ は、入射光の波長、その材料の $n$ と $k$ の値、基板および第2の層13の光学定数により決まるもので、例えば5～60nm程度の値をとる。

## 【0028】

第2の層13の光学的な膜厚 $n_2 \cdot d_2$ は、基板10がカーボン、グラファイト、炭化物若しくはガラスなどの透明材料により形成されており、かつ、第1の

層 1 1 がタンタル (T a) などの消衰係数  $k_1$  の大きな金属材料等により形成されている場合には、「 $\lambda/4$ 」 ( $\lambda$  は入射光の設計波長) 以下である。但し、基板 1 0 がカーボン, グラファイト, 炭化物若しくはガラスなどの透明材料により形成され、かつ、第 1 の層 1 1 がシリコン (S i) などの消衰係数  $k_1$  の小さな材料により形成されている場合には、第 2 の層 1 3 の光学的な膜厚  $d_2$  は「 $\lambda/4$ 」より大きく、「 $\lambda/2$ 」以下である。これは第 1 の層 1 1 を S i により形成した場合の光学アドミッタンスの軌跡がアドミッタンスダイアグラム上で上方に移動するため、第 2 の層 1 2 との交点を実軸よりも上側 (虚軸上で + 側) となるためである。

## 【 0 0 2 9 】

なお、以上の膜厚  $d_1$ ,  $d_2$  は厳密に「 $\lambda/4$ 」「 $\lambda/2$ 」でなくとも、これらの近傍の値でもよい。これは、例えば、一方の層の光学膜厚が  $\lambda/4$  より厚くなった分、他方の層を薄くするなどして補完できるからであり、また、上式 (3) から屈折率が多少ずれた場合でも、膜厚で調整可能な場合もあり、その際には  $d_1$ ,  $d_2$  が  $\lambda/4$  から多少ずれることになるからである。このことは他の実施の形態においても同様である。よって、本明細書においては、「 $\lambda/4$ 」の表現には「ほぼ  $\lambda/4$ 」の場合も含まれるものとする。

## 【 0 0 3 0 】

なお、第 1 の層 1 1 および第 2 の層 1 3 は、互いに光学的特性の異なる 2 以上の層で構成された複合層としてもよいが、この場合には複合層における合成した光学的特性 (光学アドミッタンス) が単層の場合と同等な特性を有するものとする必要がある。

## 【 0 0 3 1 】

間隙部 1 2 は、後述の駆動手段によって、その光学的な大きさ (第 1 の層 1 1 と第 2 の層 1 3 との間隔) が可変であるように設定されている。間隙部 1 2 を埋める媒体は、透明であれば気体でも液体でもよい。気体としては、例えば、空気 (ナトリウム D 線 (589.3 nm) に対する屈折率  $n_D = 1.0$ )、窒素 ( $N_2$ ) ( $n_D = 1.0$ ) など、液体としては、水 ( $n_D = 1.333$ )、シリコンオイル ( $n_D = 1.4 \sim 1.7$ )、エチルアルコール ( $n_D = 1.3618$ )

、グリセリン ( $n_D = 1.4730$ )、ジョードメタン ( $n_D = 1.737$ ) などが挙げられる。なお、間隙部 12 を真空状態とすることもできる。

#### 【0032】

間隙部 12 の光学的な大きさは、「 $\lambda/4$  の奇数倍」と「 $\lambda/4$  の偶数倍 (0 を含む)」との間で、2 値的あるいは連続的に変化するものである。これにより入射光の反射、透過若しくは吸収の量が 2 値的あるいは連続的に変化する。なお、上記第 1 の層 11 および第 2 の層 13 の膜厚の場合と同様に、 $\lambda/4$  の倍数から多少ずれても、他の層の膜厚あるいは屈折率の多少の変化で補完できるので、「 $\lambda/4$ 」の表現には、「ほぼ  $\lambda/4$ 」の場合も含まれるものとする。

#### 【0033】

このような間隙部 12 を有する光学多層構造体 1 は、図 3 および図 4 に示した製造プロセスにより作製することができる。まず、図 3 (A) に示したように例えばカーボンからなる基板 10 の上に、例えばスパッタリング法により Ta からなる第 1 の層 11 を形成し、次いで、図 3 (B) に示したように例えば CVD (Chemical Vapor Deposition: 化学的気相成長) 法により犠牲層としての非晶質シリコン (a-Si) 膜 12a を形成する。続いて、図 3 (C) に示したように、間隙部 12 のパターン形状を有するフォトリジスト膜 14 を形成し、図 3 (D) に示したようにこのフォトリジスト膜 14 をマスクとして、例えば RIE (Reactive Ion Etching) により非晶質シリコン (a-Si) 膜 12a を選択的に除去する。

#### 【0034】

次に、図 4 (A) に示したようにフォトリジスト膜 14 を除去した後、図 4 (B) に示したように例えばスパッタリング法により  $\text{Si}_3\text{N}_4$  からなる第 2 の層 13 を形成する。次いで、図 4 (C) に示したように、ドライエッチングにより非晶質シリコン (a-Si) 膜 12a を除去する。これにより、間隙部 12 を備えた光学多層構造体 1 を作製することができる。

#### 【0035】

本実施の形態の光学多層構造体 1 は、間隙部 12 の光学的な大きさを、 $\lambda/4$  の奇数倍と  $\lambda/4$  の偶数倍 (0 を含む) との間 (例えば、「 $\lambda/4$ 」と「0」と

の間)で、2 値的あるいは連続的に変化させることによって、入射した光の反射、透過若しくは吸収の量を変化させるものである。

【0036】

次に、図5 (A), (B) および図6 (A), (B) を参照して、上記式 (3) の意義について説明する。

【0037】

上記のような光学多層構造体1のフィルタ特性は、光学アドミッタンスによって説明することができる。光学アドミッタンス  $y$  は、複素屈折率  $N (= n - i \cdot k)$ 、 $n$  は屈折率、 $k$  は消衰係数、 $i$  は虚数単位) と値が同じである。例えば、空気のアドミッタンスは  $y(\text{air}) = 1$ 、 $n(\text{air}) = 1$ 、ガラスのアドミッタンスは  $y(\text{glass}) = 1.52$ 、 $n(\text{glass}) = 1.52$  である。

【0038】

透明な基板上に透明な光学膜を形成すると、図5 (B) に示したような光学アドミッタンスダイアグラム上で、膜厚の増加に伴い円弧を描いて軌跡が移動する。ここに、横軸はアドミッタンスの実軸 ( $R_e$ )、縦軸はアドミッタンスの虚軸 ( $I_m$ ) をそれぞれ示している。例えば、 $n = y = 1.52$  のガラス基板上に  $n = y = 2.40$  の  $\text{TiO}_2$  などを成膜すると、その合成光学アドミッタンスの軌跡は、膜厚の増加に伴って  $y = 1.52$  の点から円弧を描きながら移動する。もし、 $\text{TiO}_2$  の光学的な膜厚が  $\lambda/4$  のときには、合成アドミッタンスの軌跡は実軸上の  $2.4^2 / 1.52$  の点、すなわち  $3.79$  の点に帰着する ( $\lambda/4$  法則)。これはガラス基板 (透明基板) 上に  $\lambda/4$  の膜厚の  $\text{TiO}_2$  膜 (第1の層) を成膜したときの合成アドミッタンスである。つまり、この構造体を上から見ると、あたかも  $n = 3.79$  の一体の基板を見ているのと同じようになる。このときの反射率は、空気との界面では次式 (4) で求まるので、反射率  $R = 33.9\%$  となる。

【0039】

$$R = (n - 1 / n + 1)^2 \dots (4)$$

【0040】

次に、この光学多層構造体の上に、更に、例えば  $n = y = 1.947$  の膜を光

光学膜厚 $=\lambda/4$ だけ成膜すると、光学アドミッタンスダイアグラム上では、3.79の点から右回りに軌跡が移動する。その合成アドミッタンスは、 $Y=1.0$ となり、実軸上の1.0の点となる。すなわち、これは合成アドミッタンス=合成屈折率が1.0と同等、つまり空気と同等となるので、その界面では反射がなくなり、所謂Vコートの反射防止膜とみなすことができる。

## 【0041】

一方、上記 $TiO_2$ 膜( $n=2.4$ )の膜の上に、 $n=1$ (空気)の間隙部を光学膜厚 $=\lambda/4$ だけ設けた場合には、その合成アドミッタンスは、図6(A)、(B)に示したように、 $Y_2=0.2638$ となる。更に、その間隙部上に $n=y=1.947$ の膜が光学膜厚 $=\lambda/4$ だけ存在すると、その合成アドミッタンスは、 $Y_3=14.37$ となり、実軸上の14.37の点となる。そのときの反射率は上記(4)式の $n$ を $Y_3=14.37$ として求め、このとき反射率 $R=76\%$ となる。以上のことから、間隙部(空気層)12の光学膜厚を「0」から「 $\lambda/4$ 」まで変化させると、反射率は「0%」から「76%」へと変化することがわかる。

## 【0042】

以上は、ガラスなどの透明材料からなる基板の上に、光の吸収のない透明層( $TiO_2$ )を形成した場合の説明であり、いずれも複素屈折率 $N=n-i\cdot k$ ( $n$ は屈折率、 $k$ は消衰係数、 $i$ は虚数)において、 $k=0$ である。これに対して、本実施の形態では、基板10および第1の層11のうち少なくとも第1の層11は、不透明な金属材料、酸化金属等の光の吸収のある材料により形成されている。すなわち、第1の層11の複素屈折率 $N_1$ においては、 $k\neq 0$ である。以下、本実施の形態の特徴について説明する。

## 【0043】

光学アドミッタンスダイアグラム上で、 $n_2$ の屈折率を持つ第2の層がダイアグラム上の(1, 0)の点(空気アドミッタンス)を通る軌跡を描くと、図7に示したようになる。すなわち、実軸で1と $n_2^2$ を通り、中心が $(n_2^2+1)/2$ の円弧となる。基板10の材料の光学アドミッタンス(複素屈折率 $N$ と数値的には等しい)がこの円弧の中にある場合、円弧の外側に第1の層11の材料の光学ア

ドミッタンスがあれば、基板 1 0 上に第 1 の層 1 1 を成膜してゆくと、基板 1 0 と第 1 の層 1 1 との合成光学アドミッタンスは、アドミッタンスダイアグラム上で、基板 1 0 の光学アドミッタンスの点（図中  $N_s$  で示す点）から出発し、緩いカーブを描きながら、膜厚の増加と共に、第 1 の層 1 1 の光学アドミッタンスの点（図中  $N_1$  で示す点）へ到達する。

## 【 0 0 4 4 】

このとき、基板 1 0 と第 1 の層 1 1 の光学アドミッタンス（複素屈折率と同じ値）は第 2 の層 1 3 の描く円弧の両側にあるので、その円弧を必ず横切る（A 点）。ここで、基板 1 0 と第 1 の層 1 1 との合成アドミッタンスがその交点 A に丁度到達するように、第 1 の層 1 1 の膜厚を決める。その交点 A からは、第 2 の層 1 3 の軌跡（円弧）に沿って合成アドミッタンスが移動する。

## 【 0 0 4 5 】

従って、基板 1 0 と第 1 の層 1 1 と第 2 の層 1 3 との合成アドミッタンスが 1 となるような膜厚で第 2 の層 1 3 を成膜すれば、この光学多層構造体 1 への入射光の反射は設計波長において 0 となる。すなわち、第 2 の層 1 3 の光学特性に依存する円弧の両側に、基板 1 0 と第 1 の層 1 1 の光学アドミッタンスがあれば、反射が 0 となる膜厚の組み合わせが必ず存在することになる。

## 【 0 0 4 6 】

なお、この場合、基板 1 0 の光学アドミッタンスは、円弧の内側でも外側でもかまわない。このような条件を満足するためには、基板 1 0 の複素屈折率を  $N_s$  ( $= n_s - i \cdot k_s$ )、第 1 の層 1 1 の複素屈折率を  $N_1$  ( $= n_1 - i \cdot k_1$ )、第 2 の層 1 3 の屈折率を  $n_2$ 、入射媒質の屈折率を 1. 0（空気）としたとき、基板 1 0 と第 1 の層 1 1 の材料の光学定数の関係が、次式（5）、すなわち、この式を書き換えた前述の式（2）を満たせばよい。

## 【 0 0 4 7 】

$$\left\{ \left( N_1 - \frac{n_2^2 + 1}{2} \right)^2 - \left( \frac{n_2^2 - 1}{2} \right)^2 \right\} \left\{ \left( N_s - \frac{n_2^2 + 1}{2} \right)^2 - \left( \frac{n_2^2 - 1}{2} \right)^2 \right\} < 0 \quad \dots (5)$$



## 【0048】

よって、このように構成した光学多層膜の第1の層11と第2の層13との間に、大きさが可変な間隙部13を設けると、その間隔 $d_3$ が「0」のときには反射防止膜（図2参照）、 $d_3$ が設計波長 $\lambda$ に対して光学的にほぼ「 $\lambda/4$ 」のときには反射膜となる（図1参照）。つまり、間隙部13の大きさを「0」と「 $\lambda/4$ 」との間で可変とすることで、反射率を0と70%以上とに変えることができる光学スイッチング素子を実現することが可能になる。

## 【0049】

このような光学多層構造体1の材料としては、上記のような制約を満足すればよく、その選定の自由度は広い。また、その構成も、基板10に間隙部12を含めて3層構造を形成するだけでよいので、製作は容易である。以下、具体的な例を挙げて説明する。

## 【0050】

## 〔具体例〕

図8は、基板10として不透明なカーボン基板（ $N_S = 1.90$ ,  $k = 0.75$ ）、第1の層11としてTa層（ $N_1 = 2.46$ ,  $k = 1.90$ ）、間隙部12として空気層（ $n = 1.00$ ）、第2の層13として $Si_3N_4$ 膜とITO（Indium-Tin Oxide）膜との積層膜（合成屈折率 $n_2 = 2.0$ ,  $k = 0$ ）を用いた場合の入射光の波長（設計波長550nm）と反射率との関係を表すものである。ここで、（a）は間隙部（空気層）の光学膜厚が「0」（低反射側）、（b）は光学膜厚が「 $\lambda/4$ 」（137.5nm）（高反射側）の場合の特性をそれぞれ表している。図9および図10は、このときの光学アドミッタンスダイヤグラムを参考として表すもので、図9は低反射側、図10は高反射側の場合をそれぞれ示している。

## 【0051】

図8からも明らかなように、本実施の形態の光学多層構造体1では、間隙部（空気層）12の光学膜厚が「 $\lambda/4$ 」の場合には高反射特性、間隙部12の光学膜厚が「0」の場合には低反射特性をそれぞれ示す。すなわち、間隙部12の光学膜厚が「 $\lambda/4$ 」の奇数倍と「 $\lambda/4$ 」の偶数倍（0を含む）との間で切り替

わると、高反射特性と低反射特性とを交互に示すことになる。

#### 【 0 0 5 2 】

ところで、第 1 の層 1 1 に消衰係数  $k_1$  の大きな金属膜（例えば Ta,  $k_1 = 1.90$ ）を用いる場合には、第 2 の層 1 3 の光学膜厚は「 $\lambda/4$ 」となるが、第 1 の層 1 1 に  $k_1$  の小さな半導体材料（例えば Si,  $k_1 = 0.63$ ）を用いる場合には、第 2 の層 1 3 の光学膜厚は「 $\lambda/4$ 」より大きくなる（但し、 $\lambda/2$  より小さい）。その具体例として、例えば、基板 1 0 をグラファイト（屈折率  $n_s = 1.90$ ,  $k = 0.75$ ）、第 1 の層 1 1 をシリコン（屈折率  $n_1 = 4.40$ ,  $k = 0.63$ , 膜厚  $13.09 \text{ nm}$ ）、第 2 の層 1 3 を  $\text{Si}_3\text{N}_4$  膜と ITO（Indium-Tin Oxide）膜との積層膜（合成屈折率  $n_2 = 2.0$ ,  $k = 0$ , 膜厚  $83.21 \text{ nm}$ ）により形成した場合の反射特性（設計波長  $550 \text{ nm}$ ）を図 1 1 に示す。ここでも、（a）は間隙部（空気層）の光学膜厚が「0」（低反射側）、（b）は光学膜厚が「 $\lambda/4$ 」（ $137.5 \text{ nm}$ ）（高反射側）の場合の特性をそれぞれ表している。図 1 2 および図 1 3 はそのときの光学アドミッタンスダイヤグラムを表すものである。図 1 2 は低反射側、図 1 3 は高反射側の場合をそれぞれ示している。

#### 【 0 0 5 3 】

上記 2 つの例では、基板 1 0 として不透明なカーボンやグラファイトを想定している。カーボンやグラファイトの光学アドミッタンス（複素屈折率と同じ値）は、アドミッタンスダイヤグラム上で屈折率が 2.0 の透明膜が（1, 0）を通るように描いた円弧の軌跡の内側にあるので、基板 1 0 として好適である。多くの金属材料の光学アドミッタンスはその円の外側に配置されるからである。

#### 【 0 0 5 4 】

参考のために、図 1 4 に各材料の光学アドミッタンスをプロットしたアドミッタンスダイヤグラムを示す。図 1 4 には、同時に、 $n = 2$  および  $\text{TiO}_2$  ( $n = 2.4$ ) が空気のアドミッタンス（1, 0）を通る軌跡も示した。この円弧の中の材料を基板 1 0、円弧の外にある材料を第 1 の層 1 1、円弧上の材料を第 2 の層 1 3 とすれば、反射率が低い（ほぼ 0）の膜厚の組み合わせが必ずある。例えば、基板 1 0 をカーボン（図中の C）、第 1 の層 1 1 を  $n = 2$  の円弧の外側の材

料（図中の殆ど全ての材料）、第2の層13を $n=2$ の材料（ $\text{Si}_3\text{N}_4$ ，ITO， $\text{ZnO}$ など）により形成すれば、良好な特性の光学スイッチング素子を実現することができる。

## 【0055】

また、第2の層13として $\text{TiO}_2$ を用いた場合には、基板10をシリコン（Si），カーボン（C），タンタル（Ta），ゲルマニウム（Ge）フィルム，グラファイト，ガラスなどから選び、第1の層11は図中のそれ以外の金属などから選べば、良好な特性の光学スイッチング素子を実現することができる。

## 【0056】

なお、図14には、代表的な金属材料、半導体などをプロットしたが、他の材料でもこの図にプロットし、円弧の中か外かに注目すると、良い組み合わせの材料を容易に選ぶことができる。

## 【0057】

ところで、上述のような第2の層13の円弧の内と外に基板10と第1の層11の光学特性があることは、良好な特性の光学構造を実現するための十分条件ではあるが、必要条件ではない。なぜならば、光の吸収のある（すなわち、 $k \neq 0$ ）膜をある基板10に成膜するときの合成光学アドミッタンスの軌跡は、基板10のアドミッタンスから直線的に成膜する材料の光学アドミッタンスへと向かうのではなく、大きく弯曲しながら、成膜材料の光学アドミッタンスへと向かう。そのために、湾曲度が大きいと、先の第2の層13の円弧の内側に第1の層11の光学アドミッタンスがあっても、合成光学アドミッタンスが第2の層13の円弧を横切ることがある。

## 【0058】

図15はその例を表すものであり、カーボン（C）からなる基板10の上に第1の層11としてグラファイトを成膜していくと、弯曲して $n=2$ の円弧を2回横切る。このどちらかの点で、 $n=2$ の膜（例えば $\text{Si}_3\text{N}_4$ ，ITO， $\text{ZnO}$ など）に乗り換えるような膜厚の設定とすれば、特性の良い光学多層構造体1を実現することができる。

## 【0059】

このように本実施の形態では、例えば 550 nm などの可視光領域においても、低反射時の反射率を殆ど 0、高反射時の反射率を 70% 以上とすることができるので、高コントラストな変調を行うことが可能である。しかも、構成が簡単であるので、GLV などの回折格子構造や DMD などの複雑な 3 次元構造よりも容易に作製することができる。また、GLV は 1 つのピクセルに 6 本の格子状のリボンが必要であるが、本実施の形態では 1 本で済むので、構成が簡単であり、かつ小さく作製することが可能である。また、可動部分の移動範囲も高々「 $\lambda/2$ 」であるため、10 ns レベルの高速応答が可能になる。よって、ディスプレイ用途のライトバルブとして用いる場合には、後述のように 1 次元アレイの簡単な構成で実現することができる。

## 【0060】

更に、本実施の形態の光学多層構造体 1 は、間隙部を金属薄膜や反射層で挟んだ構造の狭帯域透過フィルタ、すなわちファブリーペロータイプのものとは本質的に異なるものであるため、低反射帯の帯域幅を広くすることができる。よって、製作時の膜厚管理のマージンを比較的広くとることが可能であり、設計の自由度が増す。

## 【0061】

また、本実施の形態では、基板 10 および第 1 の層 11 の屈折率はある範囲の任意の値であれば良いため、材料の選択の自由度が広がる。また、基板 10 を不透明な材料により構成した場合には、低反射時において入射光は基板 10 に吸収されるので、迷光などが発生する心配はなくなる。

## 【0062】

以上のように、本実施の形態の光学多層構造体 1 を用いることにより、高速で小型の光スイッチング素子および画像表示装置を実現することができる。これらの詳細については後述する。

## 【0063】

なお、上記実施の形態では、光学多層構造体 1 の間隙部を一層としたが、複数層、例えば図 16 に示したように 2 層設けるようにしてもよい。これは、基板 10 上に、第 1 の層 11、第 1 の間隙部 12、第 2 の層 13、第 2 の間隙部 30、

第 3 の透明層 3 1 をこの順に形成し、第 2 の層 1 3 および第 3 の透明層 3 1 をそれぞれ例えば窒化シリコンからなる支持体 1 5, 3 2 により支持する構成としたものである。

## 【 0 0 6 4 】

この光学多層構造体では、中間の第 2 の層 1 3 が上下に変位し、第 1 の間隙部 1 2 と第 2 の間隙部 3 0 の一方の間隙が狭くなった分、他方の間隙部が広まることにより反射特性が変化する。

## 【 0 0 6 5 】

## 〔駆動方法〕

次に、上記光学多層構造体 1 における間隙部 1 2 の大きさを変化させるための具体的な手段について説明する。

## 【 0 0 6 6 】

図 1 7 は、静電気により光学多層構造体を駆動する例を示している。この光学多層構造体は、透明基板 1 0 の上の第 1 の層 1 1 の両側にそれぞれ例えばアルミニウムからなる電極 1 6 a, 1 6 a を設けると共に、第 2 の層 1 3 を例えば窒化シリコン ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) からなる支持体 1 5 により支持し、この支持体 1 5 の電極 1 6 a, 1 6 a に対向する位置に電極 1 6 b, 1 6 b を形成したものである。

## 【 0 0 6 7 】

この光学多層構造体では、電極 1 6 a, 1 6 a および電極 1 6 b, 1 6 b への電圧印加による電位差で生じた静電引力によって、間隙部 1 2 の光学膜厚を、例えば「 $\lambda/4$ 」と、「0」との間、あるいは「 $\lambda/4$ 」と「 $\lambda/2$ 」との間で 2 値的に切り替える。勿論、電極 1 6 a, 1 6 a、電極 1 6 b, 1 6 b への電圧印加を連続的に変化させることにより、間隙部 1 2 の大きさがある値の範囲で連続的に変化させ、入射した光の反射、若しくは透過あるいは吸収等の量を連続的（アナログ的）に変化させるようにすることもできる。

## 【 0 0 6 8 】

光学多層構造体を静電気で駆動するものとしては、その他、図 1 8 および図 1 9 に示した方法によってもよい。図 1 8 に示した光学多層構造体 1 は、透明基板 1 0 の上の第 1 の層 1 1 上に例えば ITO (Indium-Tin Oxide) からなる透明導

電膜 1 7 a を設けると共に、例えば  $\text{SiO}_2$  からなる第 2 の層 1 3 を架橋構造に形成し、この第 2 の層 1 3 の外面に同じく I T O からなる透明導電膜 1 7 b を設けたものである。

## 【 0 0 6 9 】

この光学多層構造体では、透明導電膜 1 7 a, 1 7 b 間への電圧印加による電位差で生じた静電引力によって、間隙部 1 2 の光学膜厚を切り替えることができる。

## 【 0 0 7 0 】

図 1 9 に示した光学多層構造体では、図 1 8 の光学多層構造体の透明導電膜 1 7 a の代わりに、導電性のある第 1 の層 1 1 として例えばタンタル (T a) 膜を配したものである。

## 【 0 0 7 1 】

光学多層構造体の駆動は、このような静電気の他、トグル機構や圧電素子などのマイクロマシンを用いる方法、磁力を用いる方法や、形状記憶合金を用いる方法など、種々考えられる。図 2 0 (A), (B) は磁力を用いて駆動する態様を示したものである。この光学多層構造体では、第 2 の層 1 3 の上に開孔部を有するコバルト (C o) などの磁性材料からなる磁性層 4 0 を設けると共に基板 1 0 の下部に電磁コイル 4 1 を設けたものであり、この電磁コイル 4 1 のオン・オフの切り替えにより、間隙部 1 2 の間隔を例えば「 $\lambda/4$ 」(図 2 0 (A)) と「0」(図 2 0 (B)) との間で切り替え、これにより反射率を変化させることができる。

## 【 0 0 7 2 】

## 〔光スイッチング装置〕

図 2 1 は、上記光学多層構造体 1 を用いた光スイッチング装置 1 0 0 の構成を表すものである。光スイッチング装置 1 0 0 は、例えばカーボンからなる基板 1 0 1 上に複数(図では 4 個)の光スイッチング素子 1 0 0 A ~ 1 0 0 D を一次元アレイ状に配設したものである。なお、1 次元に限らず、2 次元に配列した構成としてもよい。この光スイッチング装置 1 0 0 では、基板 1 0 1 の表面の一方向(素子配列方向)に沿って例えば T a 膜 1 0 2 が形成されている。この T a 膜 1

02が上記実施の形態の第1の層11に対応している。

【0073】

基板101上には、Ta膜102に対して直交する方向に、複数本の $\text{Si}_3\text{N}_4$ 膜105が配設されている。 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 膜105の外側には透明導電膜としてのITO膜106が形成されている。これらITO膜106および $\text{Si}_3\text{N}_4$ 膜105が上記実施の形態の第2の層13に対応するもので、Ta膜102を跨ぐ位置において架橋構造となっている。Ta膜102とITO膜106との間には、スイッチング動作（オン・オフ）に応じてその大きさが変化する間隙部104が設けられている。間隙部104の光学膜厚は、入射光の波長（ $\lambda = 550\text{nm}$ ）に対しては、例えば「 $\lambda/4$ 」（ $137.5\text{nm}$ ）と「0」との間で変化するようになっている。

【0074】

光スイッチング素子100A～100Dは、Ta膜102およびITO膜106への電圧印加による電位差で生じた静電引力によって、間隙部104の光学膜厚を、例えば「 $\lambda/4$ 」と「0」との間で切り替える。図21では、光スイッチング素子100A、100Cが間隙部104が「0」の状態（すなわち、低反射状態）、光スイッチング素子100B、100Dが間隙部104が「 $\lambda/4$ 」の状態（すなわち、高反射状態）を示している。なお、Ta膜102およびITO膜106と、電圧印加装置（図示せず）とにより、本発明の「駆動手段」が構成されている。

【0075】

この光スイッチング装置100では、Ta膜102を接地して電位を0Vとし、第2の層側に形成されたITO膜106に例えば+12Vの電圧を印加すると、その電位差によりTa膜102とITO膜106との間に静電引力が発生し、図21では光スイッチング素子100A、100Cのように第1の層と第2の層とが密着し、間隙部104が「0」の状態となる。この状態では、入射光 $P_1$ は上記多層構造体を透過し、更に基板21に吸収される。

【0076】

次に、第2の層側の透明導電膜106を接地させ電位を0Vにすると、Ta膜

102とITO膜106との間の静電引力がなくなり、図21では光スイッチング素子100B、100Dのように第1の層と第2の層との間が離間して、間隙部12が「 $\lambda/4$ 」の状態となる。この状態では、入射光 $P_1$ は反射され、反射光 $P_3$ となる。

## 【0077】

このようにして、本実施の形態では、光スイッチング素子100A～100D各々において、入射光 $P_1$ を静電力により間隙部を2値に切り替えることによって、反射光がない状態と反射光 $P_3$ が発生する状態の2値に切り替えて取り出すことができる。勿論、前述のように間隙部の大きさを連続的に変化させることにより、入射光 $P_1$ を反射がない状態から反射光 $P_3$ が発生する状態に連続的に切り替えることも可能である。

## 【0078】

これら光スイッチング素子100A～100Dでは、可動部分の動かなくてはならない距離が、大きくても入射光の「 $\lambda/2$ （あるいは $\lambda/4$ ）」程度であるため、応答速度が10ns程度に十分高速である。よって、一次元アレイ構造で表示用のライトバルブを実現することができる。

## 【0079】

加えて、本実施の形態では、1ピクセルに複数の光スイッチング素子を割り当てれば、それぞれ独立に駆動可能であるため、画像表示装置として画像表示の階調表示を行う場合に、時分割による方法だけではなく、面積による階調表示も可能である。

## 【0080】

## 〔画像表示装置〕

図22は、上記光スイッチング装置100を用いた画像表示装置の一例として、プロジェクションディスプレイの構成を表すものである。ここでは、光スイッチング素子100A～100Dからの反射光 $P_3$ を画像表示に使用する例について説明する。

## 【0081】

このプロジェクションディスプレイは、赤（R）、緑（G）、青（B）各色の



レーザからなる光源 2 0 0 a, 2 0 0 b, 2 0 0 c と、各光源に対応して設けられた光スイッチング素子アレイ 2 0 1 a, 2 0 1 b, 2 0 1 c、ダイクロイックミラー 2 0 2 a, 2 0 2 b, 2 0 2 c、プロジェクションレンズ 2 0 3、1 軸スキャナとしてのガルバノミラー 2 0 4 および投射スクリーン 2 0 5 を備えている。なお、3 原色は、赤緑青の他、シアン、マゼンダ、イエローとしてもよい。スイッチング素子アレイ 2 0 1 a, 2 0 1 b, 2 0 1 c はそれぞれ、上記スイッチング素子を紙面に対して垂直な方向に複数、必要画素数分、例えば 1 0 0 0 個を 1 次元に配列したものであり、これによりライトバルブを構成している。

## 【 0 0 8 2 】

このプロジェクションディスプレイでは、RGB 各色の光源 2 0 0 a, 2 0 0 b, 2 0 0 c から出た光は、それぞれ光スイッチング素子アレイ 2 0 1 a, 2 0 1 b, 2 0 1 c に入射される。なお、この入射角は偏光の影響がでないように、なるべく 0 に近くし、垂直に入射させるようにすることが好ましい。各光スイッチング素子からの反射光  $P_3$  は、ダイクロイックミラー 2 0 2 a, 2 0 2 b, 2 0 2 c によりプロジェクションレンズ 2 0 3 に集光される。プロジェクションレンズ 2 0 3 で集光された光は、ガルバノミラー 2 0 4 によりスキャンされ、投射スクリーン 2 0 5 上に 2 次元の画像として投影される。

## 【 0 0 8 3 】

このように、このプロジェクションディスプレイでは、複数個の光スイッチング素子を 1 次元に配列し、RGB の光をそれぞれ照射し、スイッチング後の光を 1 軸スキャナにより走査することによって、2 次元画像を表示することができる。

## 【 0 0 8 4 】

また、本実施の形態では、低反射時の反射率を 0. 1 % 以下、高反射時の反射率を 7 0 % 以上とすることができるので、1, 0 0 0 対 1 程度の高コントラストの表示を行うことができると共に、素子に対して光が垂直に入射する位置で特性を出すことができるので、光学系を組み立てる際に、偏光等を考慮する必要がなく、構成が簡単である。

## 【 0 0 8 5 】

以上実施の形態を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記実施の形態および変形例に限定されるものではなく、種々変形可能である。例えば、上記実施の形態では、光源としてレーザを用いて一次元アレイ状のライトバルブを走査する構成のディスプレイについて説明したが、図 2 3 に示したように、二次元状に配列された光スイッチング装置 2 0 6 に白色光源 2 0 7 からの光を照射して投射スクリーン 2 0 8 に画像の表示を行う構成とすることもできる。

## 【 0 0 8 6 】

また、上記実施の形態では、基板としてガラス基板を用いる例について説明したが、図 2 4 に示したように、例えば厚さ 2 m m 以内の柔軟性を有する（フレキシブルな）基板 2 0 9 を用いたペーパー状のディスプレイとし、直視により画像を見ることができるようにしてもよい。

## 【 0 0 8 7 】

更に、上記実施の形態では、本発明の光学多層構造体をディスプレイに用いた例について説明したが、例えば光プリンタに用いて感光性ドラムへの画像の描きこみをする等、ディスプレイ以外の光プリンタなどの各種デバイスにも適用することも可能である。

## 【 0 0 8 8 】

## 【発明の効果】

以上説明したように本発明の光学多層構造体および光スイッチング素子によれば、基板上に、光の吸収のある第 1 の層、光の干渉現象を起こし得る大きさを有すると共にその大きさが可変な間隙部、および第 2 の層を配設した構造を有するようにしたので、間隙部の大きさを変化させることにより、入射した光の反射、透過若しくは吸収の量を変化させることができ、簡単な構成で、特に可視光領域においても、高速応答が可能になる。また、間隙部をなくして基板上に第 1 の層および第 2 の層をこの順で接する構造とすることにより、反射防止膜として利用することができる。

## 【 0 0 8 9 】

また、本発明の画像表示装置によれば、本発明の光スイッチング素子を 1 次元に配列し、この 1 次元アレイ構造の光スイッチング装置を用いて画像表示を行う

ようにしたので、高コントラストの表示を行うことができると共に、素子に対して光が垂直に入射する位置で特性を出すことができるので、光学系を組み立てる場合に、偏光等を考慮にする必要がなく、構成が簡単となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の一実施の形態に係る光学多層構造体の間隙部が「 $\lambda/4$ 」のときの構成を表す断面図である。

【図 2】

図 1 に示した光学多層構造体の間隙部が「0」のときの構成を表す断面図である。

【図 3】

図 1 に示した光学多層構造体の製造工程を説明するための断面図である。

【図 4】

図 3 の工程に続く工程を説明するための平面図である。

【図 5】

透明な基板と透明な膜を用いた光学多層構造体の間隙部が「0」の場合の特性を説明するための図である。

【図 6】

透明な基板と透明な膜を用いた光学多層構造体の間隙部が「 $\lambda/4$ 」の場合の特性を説明するための図である。

【図 7】

基板および第 1 の層が金属により形成された場合のアドミッタンスダイアグラムである。

【図 8】

図 1 に示した光学多層構造体の一具体例の反射特性を表す図である。

【図 9】

図 8 の例の低反射時の光学アドミッタンスを説明するための図である。

【図 1 0】

図 8 の例の高反射時の光学アドミッタンスを説明するための図である。

【図 1 1】

図 1 の光学多層構造体の他の具体例の反射特性を表す図である。

【図 1 2】

図 1 1 の例の低反射時の光学アドミッタンスを説明するための図である。

【図 1 3】

図 1 1 の例の高反射時の光学アドミッタンスを説明するための図である。

【図 1 4】

各材料の光学アドミッタンスをプロットしたアドミッタンスダイアグラムである。

【図 1 5】

基板と第 1 の層の光学アドミッタンスが第 2 の層の内側にあっても反射を 0 とすることができる例を説明するための図である。

【図 1 6】

第 1 の実施の形態の更に他の変形例を説明するための断面図である。

【図 1 7】

光学多層構造体の静電気による駆動方法を説明するための断面図である。

【図 1 8】

光学多層構造体の静電気による他の駆動方法を説明するための断面図である。

【図 1 9】

光学多層構造体の静電気による更に他の駆動方法を説明するための断面図である。

【図 2 0】

光学多層構造体の磁気による駆動方法を説明するための断面図である。

【図 2 1】

光スイッチング装置の一例の構成を表す図である。

【図 2 2】

ディスプレイの一例の構成を表す図である。

【図 2 3】

ディスプレイの他の例を表す図である。

【図 2 4】

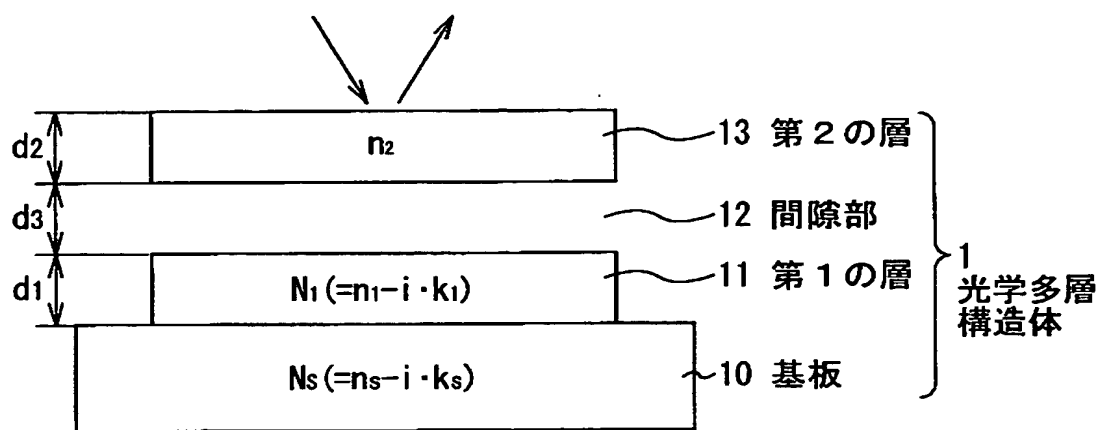
ペーパー状ディスプレイの構成図である。

【符号の説明】

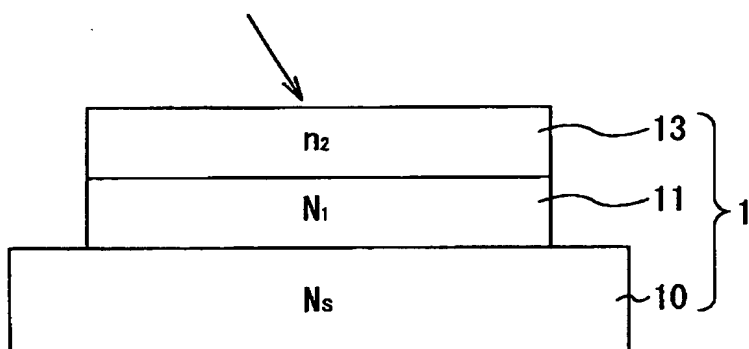
1, 2…光学多層構造体、10…基板、11…第1の層、12…間隙部、13  
…第2の層、100—光スイッチング装置

【書類名】 図面

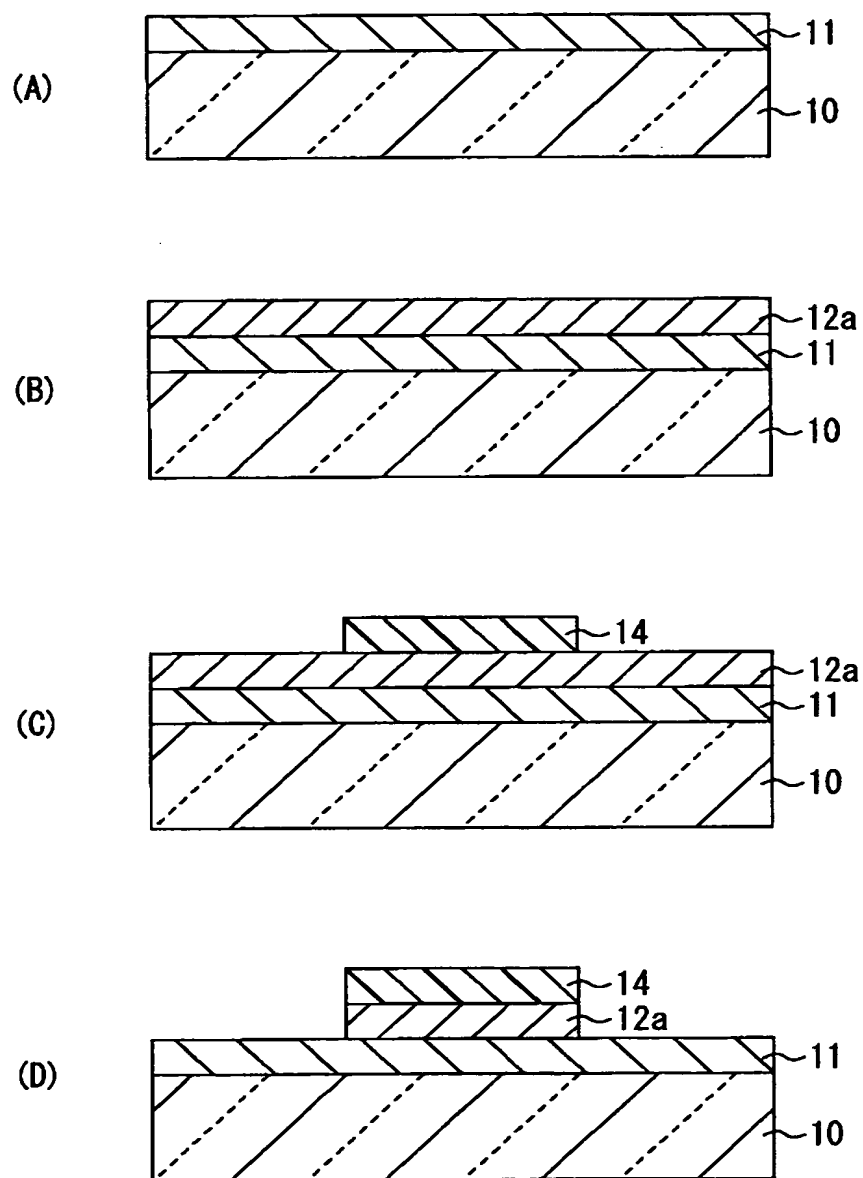
【図 1】



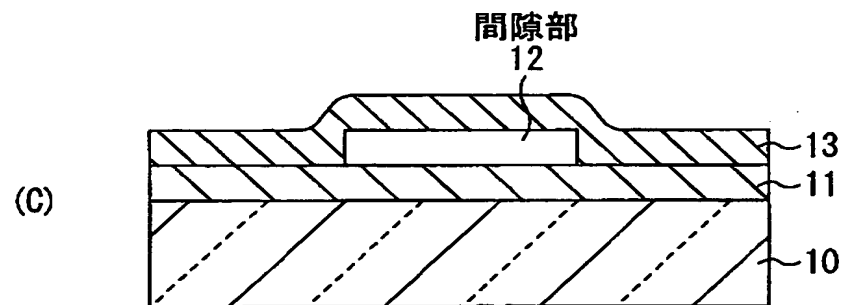
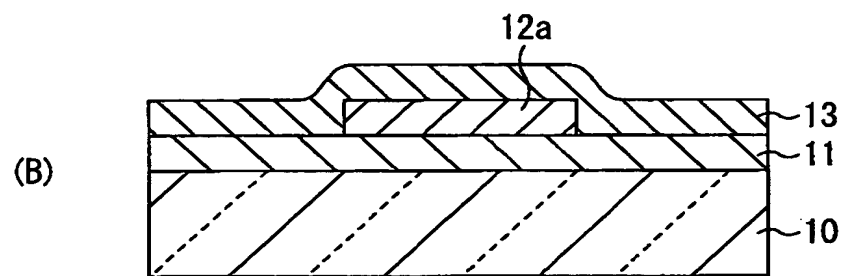
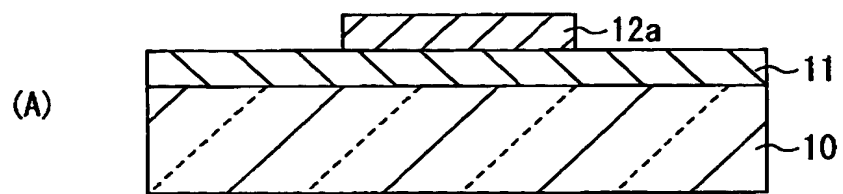
【図 2】



【図 3】

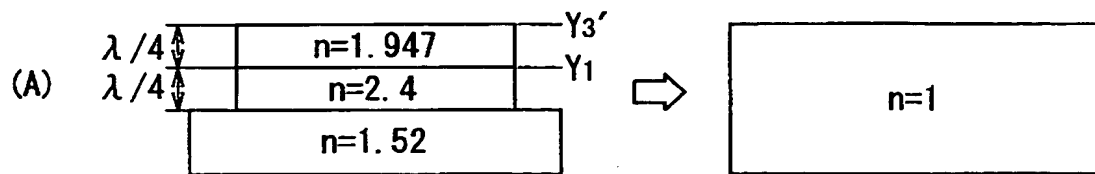


【図 4】

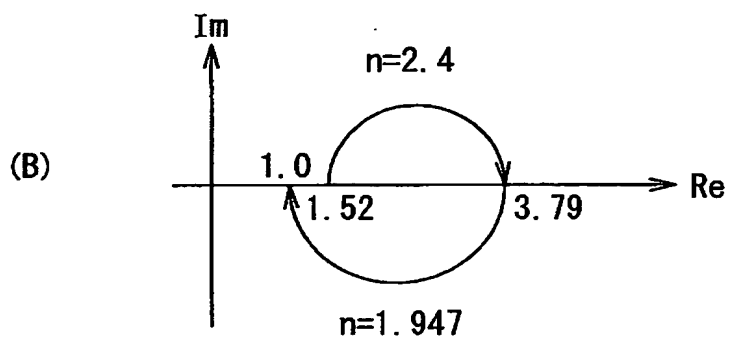




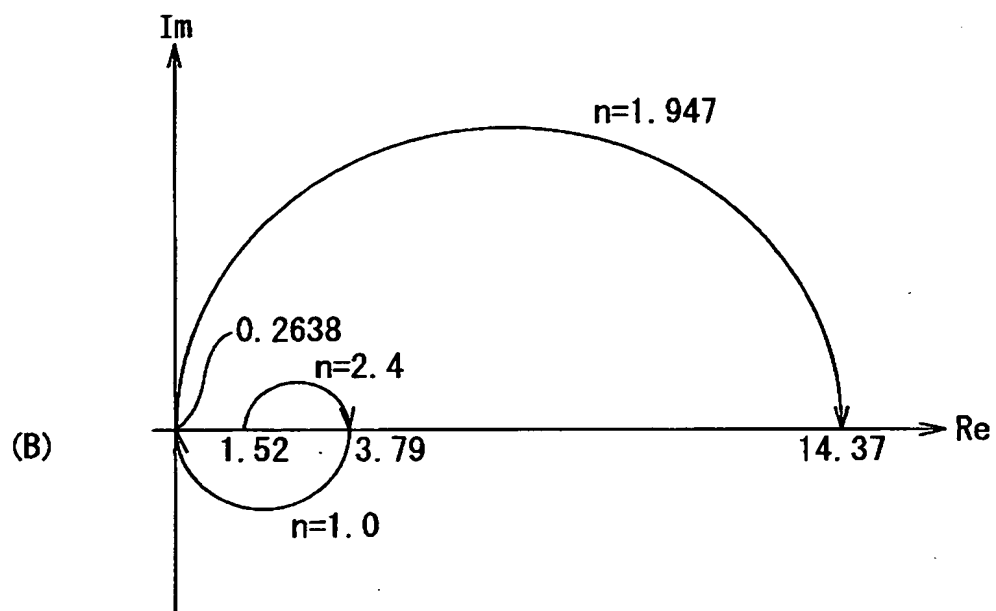
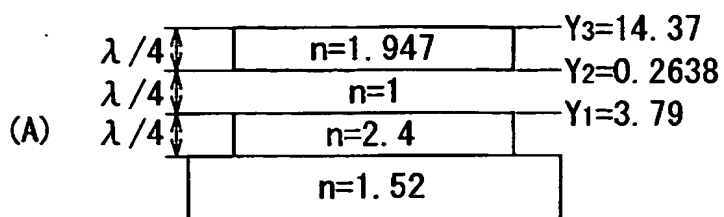
【図 5】



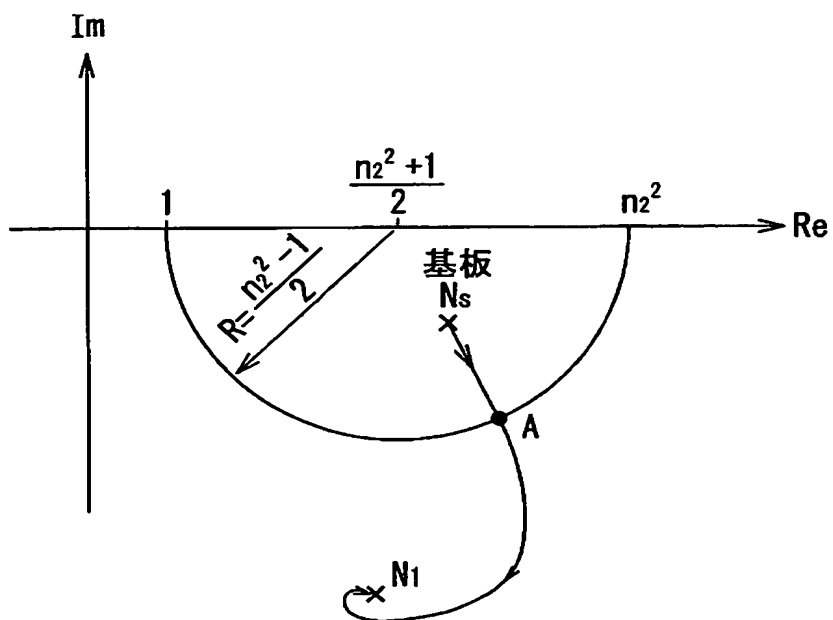
$$Y = \frac{n_i^2}{n_s} \left( \frac{\lambda}{4} \text{ 法則} \right)$$



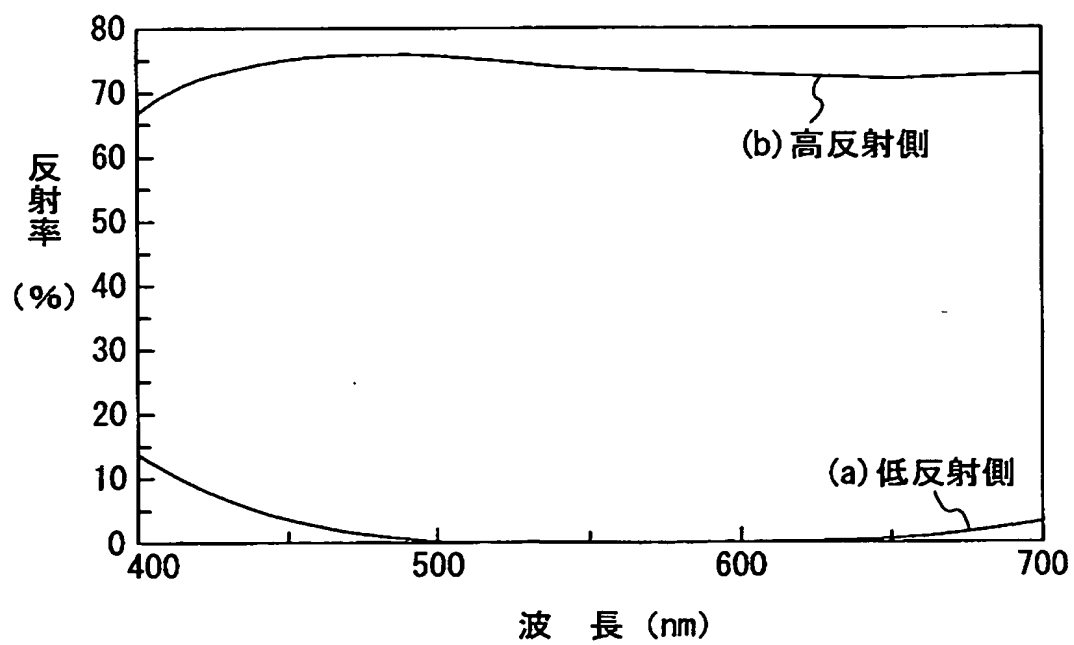
【図 6】



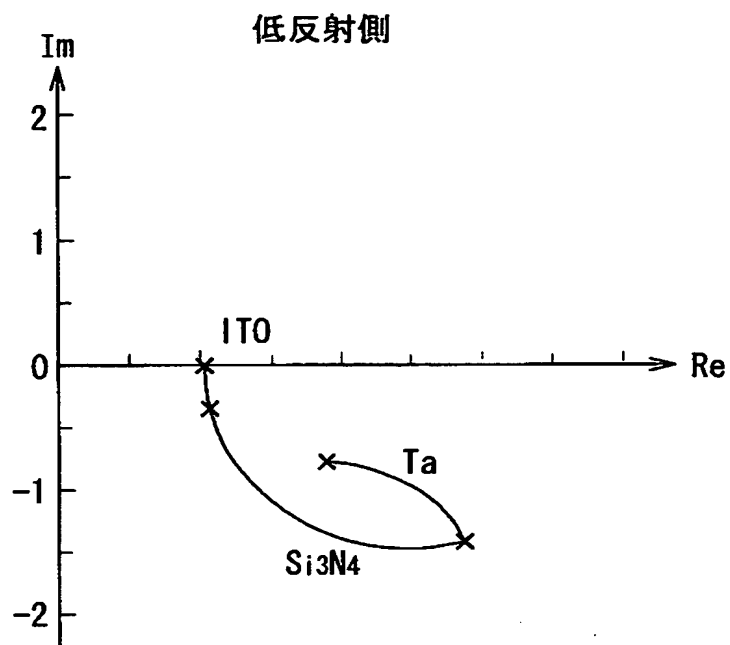
【図 7】



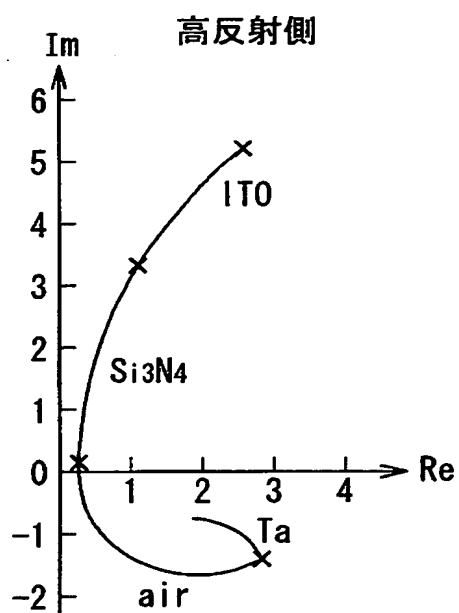
【図 8】



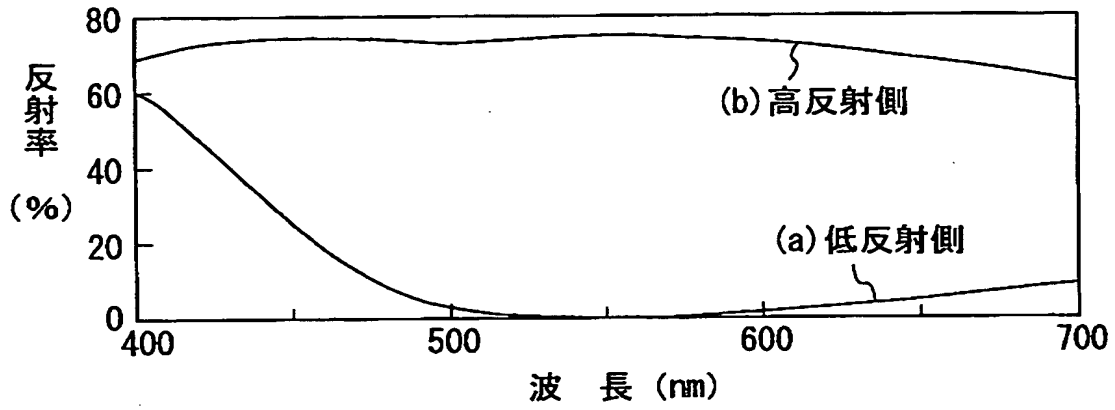
【図9】



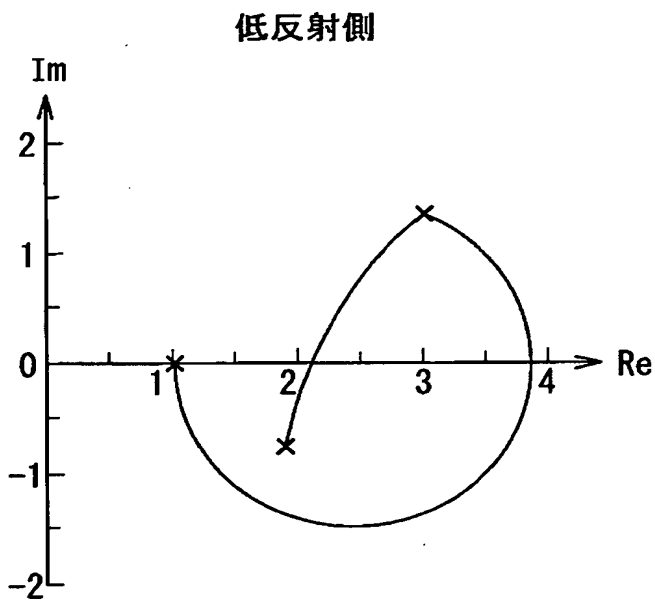
【図10】



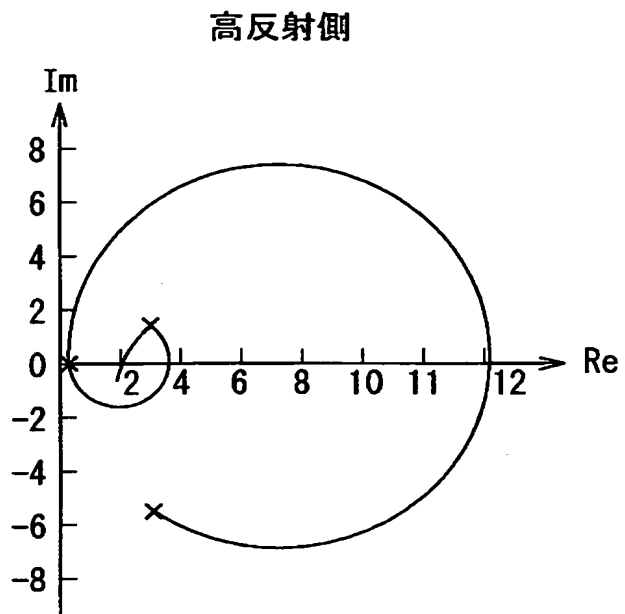
【図 1 1】



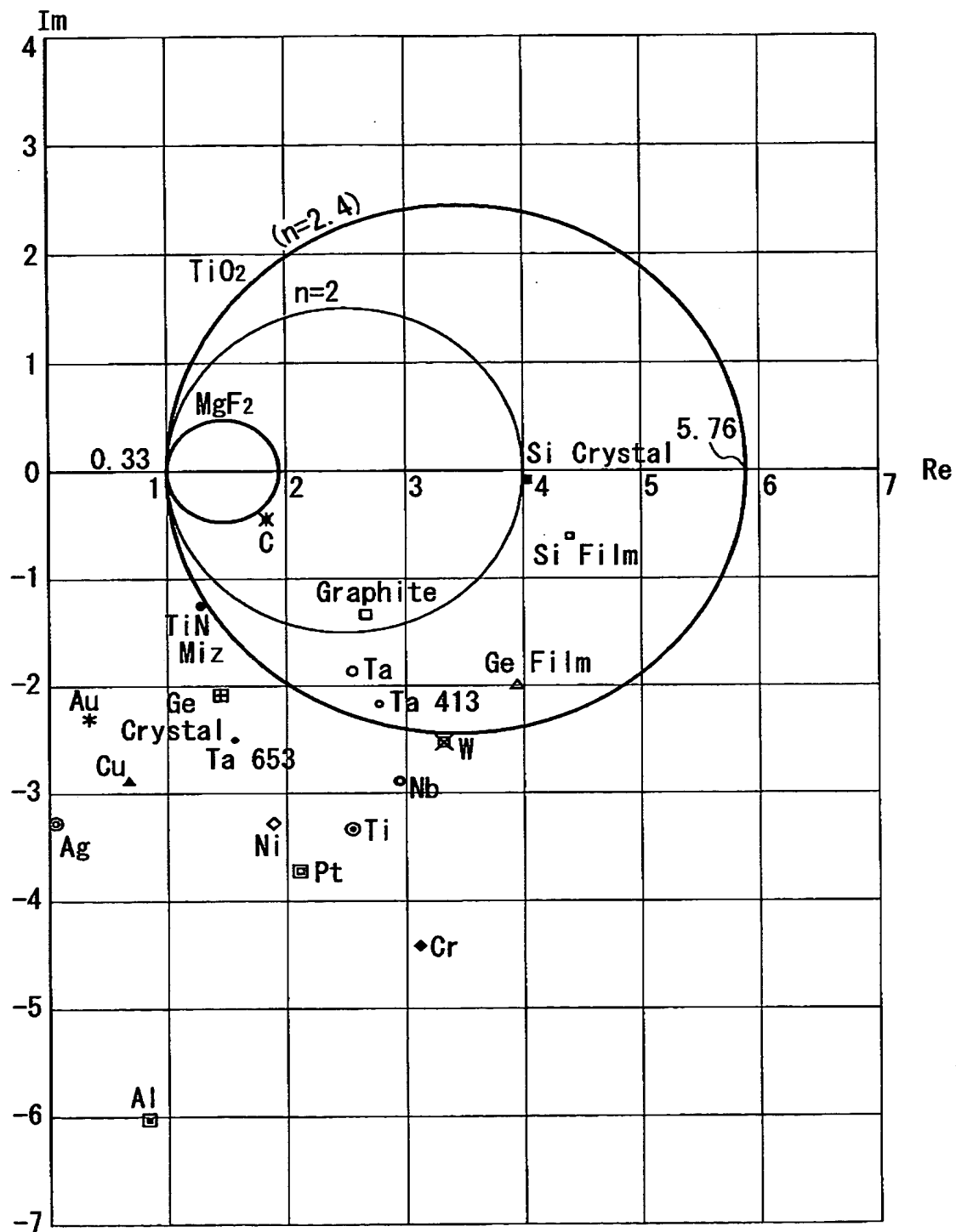
【図 1 2】



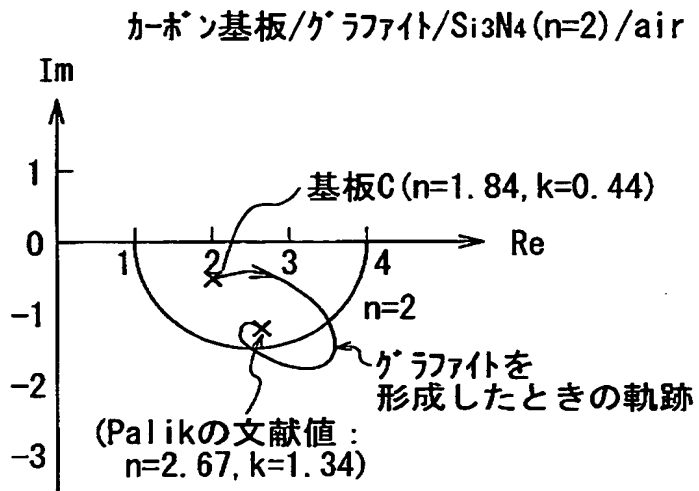
【図 1 3】



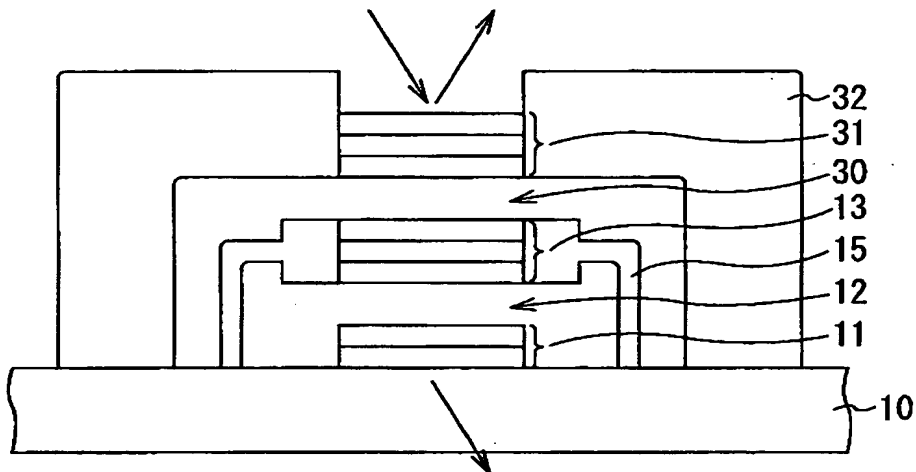
【図 14】



【図 15】

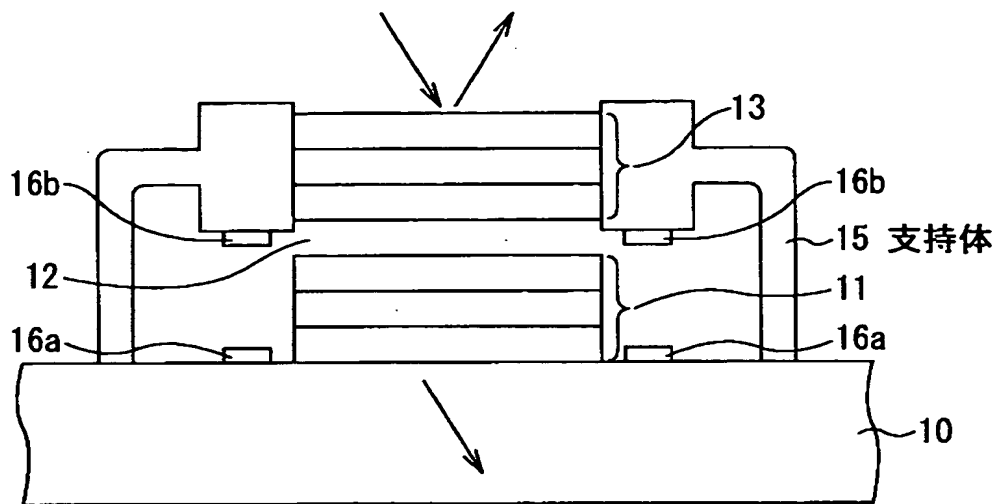


【図 16】

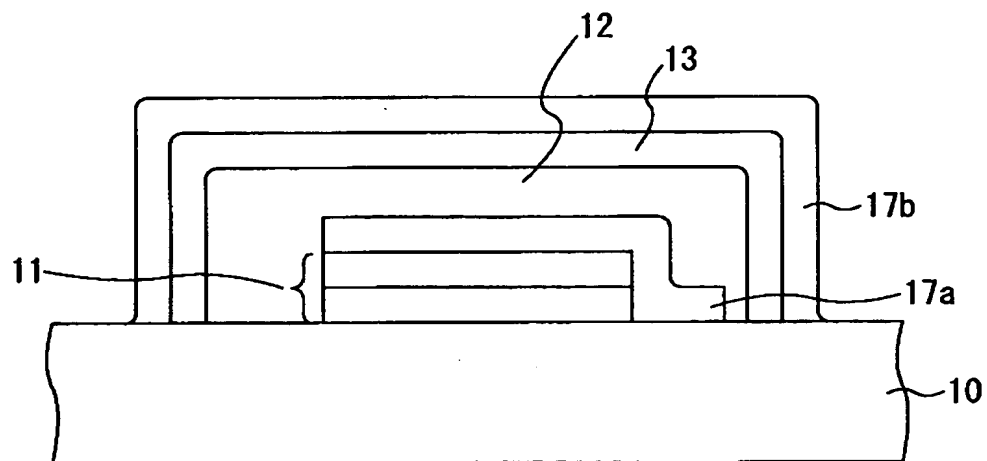




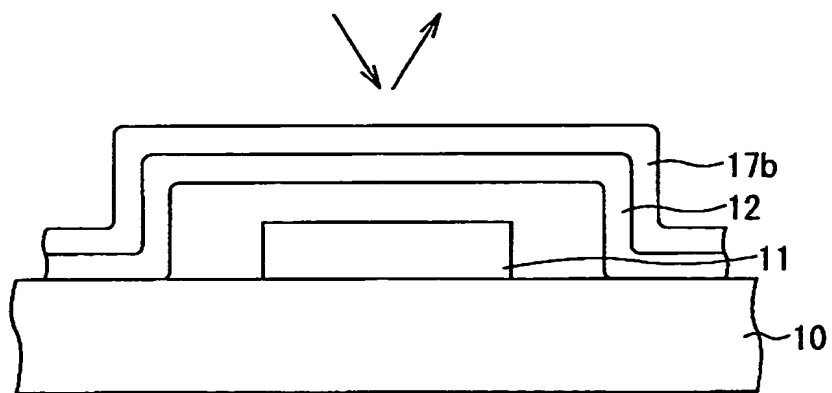
【図 17】



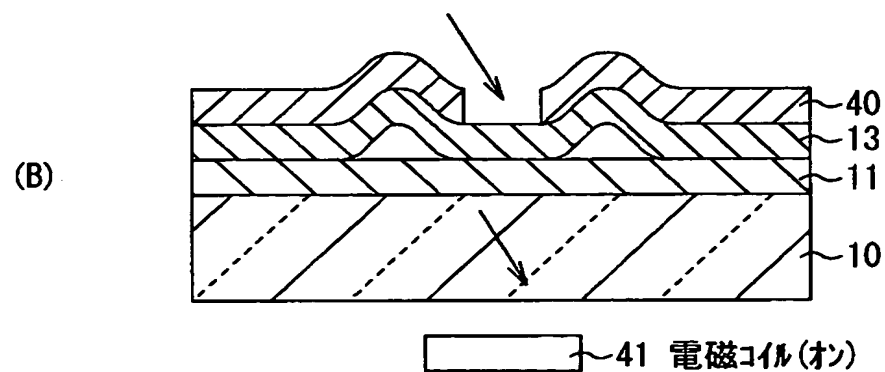
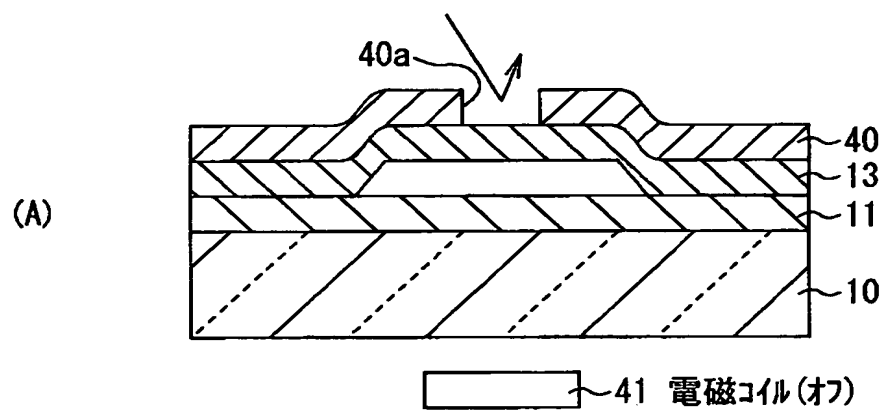
【図 18】



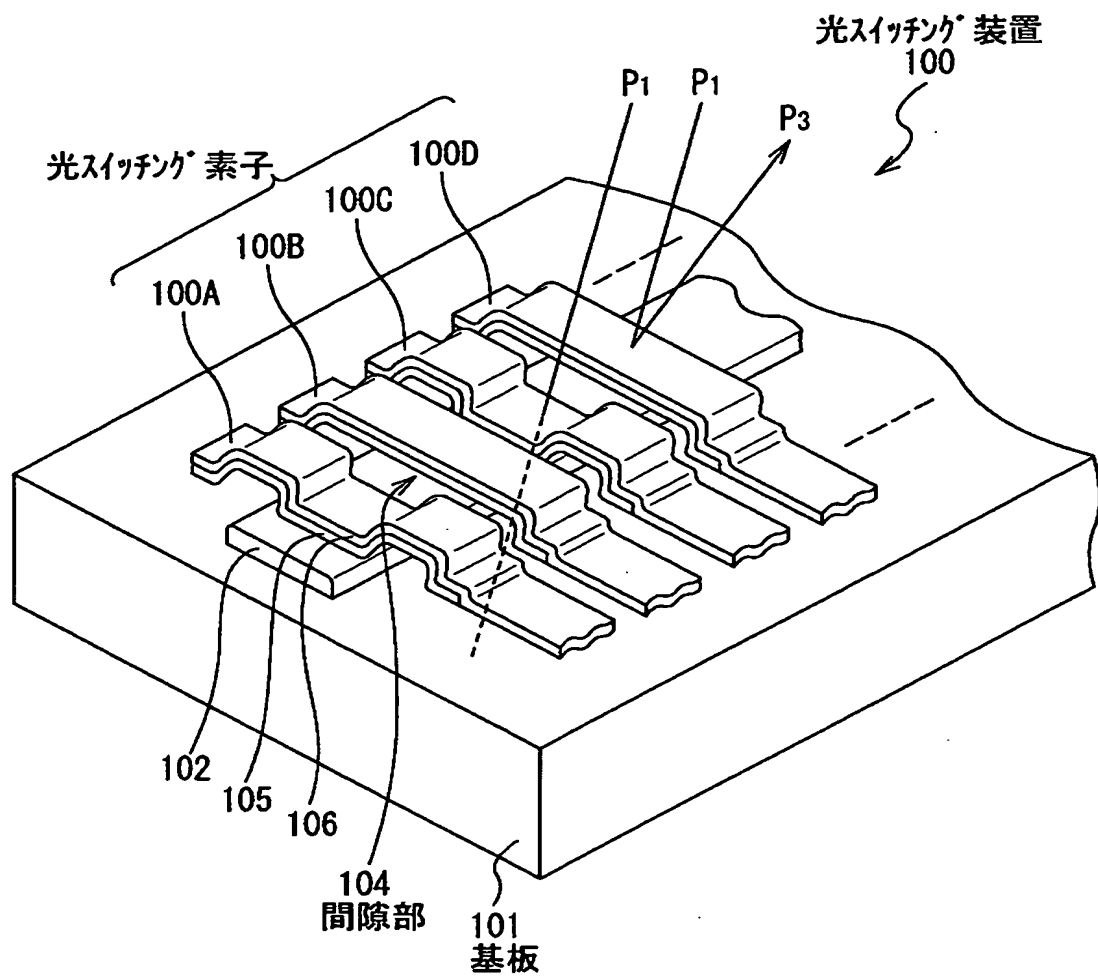
【図19】



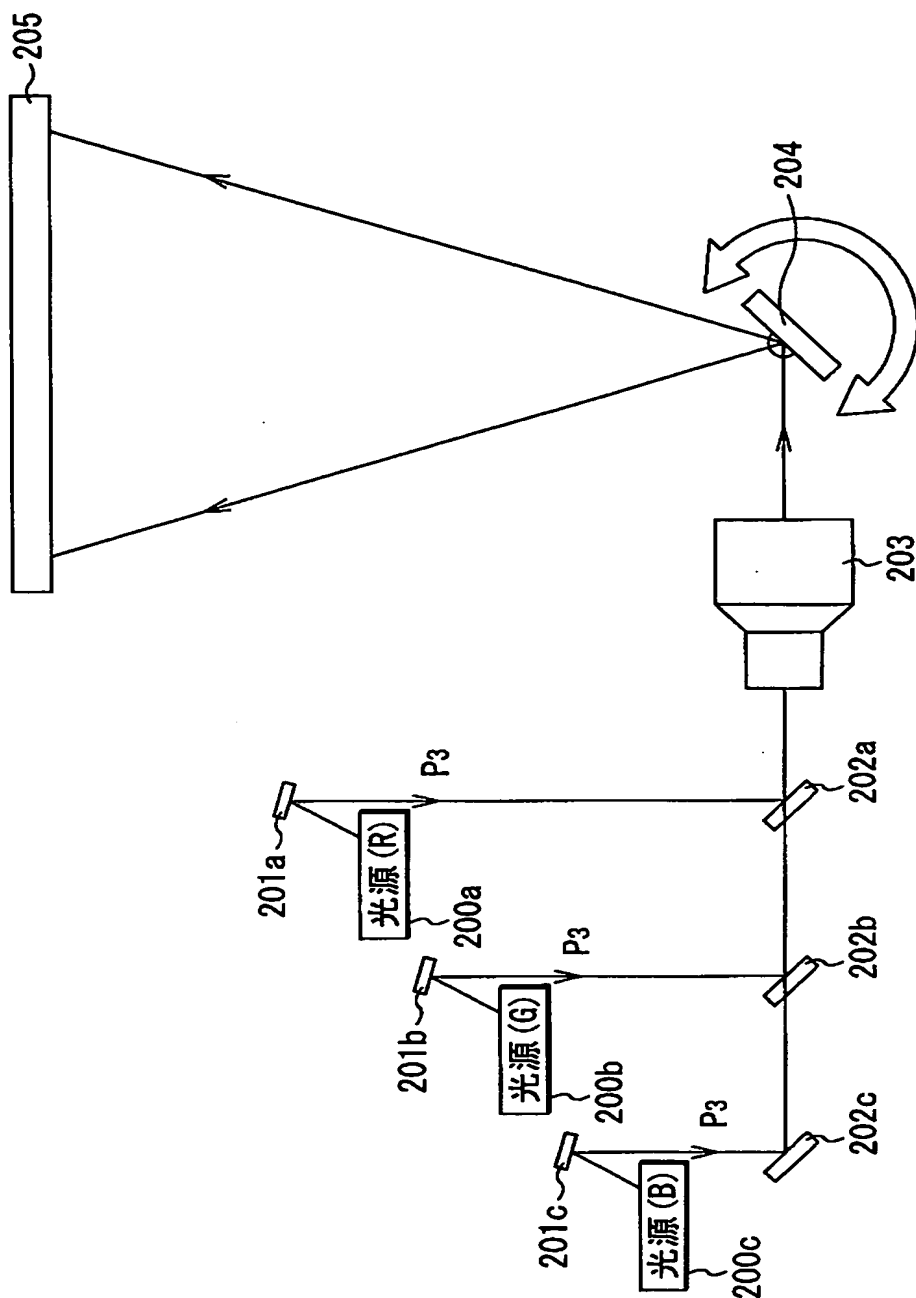
【図20】



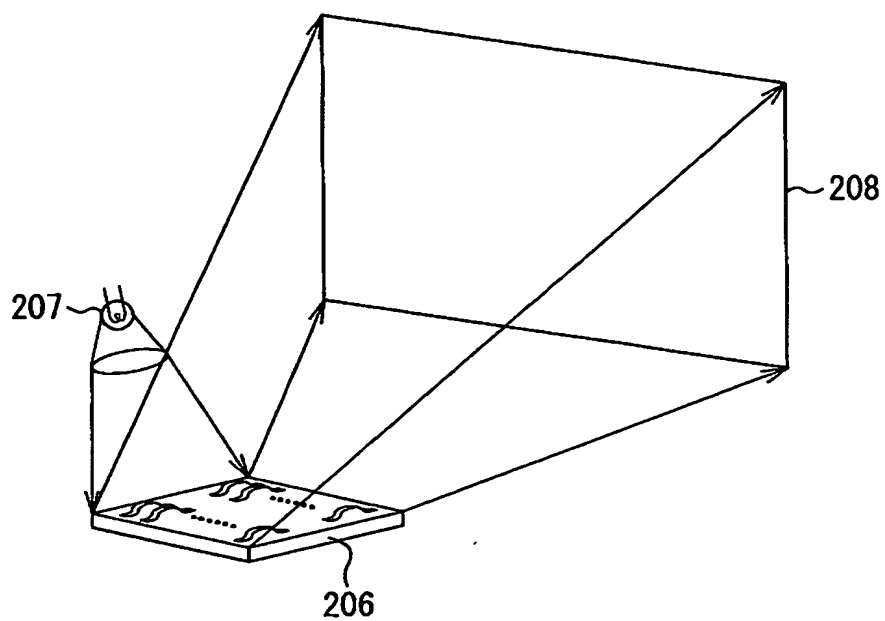
【図 21】



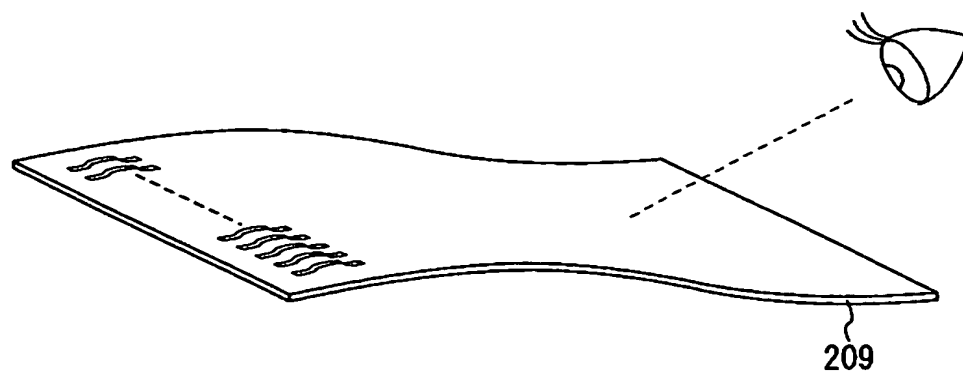
【図 22】



【図 2 3】



【図 2 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 簡単な構成で、小型軽量であると共に、構成材料の選択にも自由度があり、可視光領域においても高速応答が可能であり、画像表示装置に好適に用いることができる光学多層構造体を提供する。

【構成】 光学多層構造体 1 は、基板 1 0 の上に、この基板 1 0 に接する、光の吸収のある第 1 の層 1 1、光の干渉現象を起こし得る大きさを有すると共にその大きさを変化させることのできる間隙部 1 2、および第 2 の層 1 3 をこの順で配設した構造を有する。間隙部 1 2 の大きさを変化させることにより、入射した光の反射、透過若しくは吸収の量を変化させることができる。基板 1 0 は例えばカーボン (C)、第 1 の層 1 1 は例えばタンタル (Ta)、第 2 の層 1 3 は例えば窒化珪素 ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) によりそれぞれ形成される。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002185]

1. 変更年月日 1990年 8月30日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都品川区北品川6丁目7番35号  
氏 名 ソニー株式会社